

## Chía (*Salvia hispanica* L.) situación actual y tendencias futuras\*

## Chia (*Salvia hispanica* L.) current situation and future trends

Andrés Xingú López<sup>1</sup>, Andrés González Huerta<sup>1</sup>, Eulogio de la Cruz Torrez<sup>2</sup>, Dora Ma. Sangerman-Jarquín<sup>3</sup>, Guillermo Orozco de Rosas<sup>4</sup> y Martín Rubí Arriaga<sup>1§</sup>

<sup>1</sup>Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales-Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, México. CP. 50200. (andresxl2000@yahoo.com.mx; agonzalezh@uaemex.mx). <sup>2</sup>Departamento de Biología-Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). Carretera México-Toluca S/N, La Marquesa, Ocoyoacac, México. CP. 52750. (eulogio.delacruz@inin.gob.mx). <sup>3</sup>Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13.5, Coatlínchán, Texcoco, Estado de México. CP. 56250. (sangerman.dorainifap.gob.mx). <sup>4</sup>Chíablanca SC de RL, La Paz núm. 54, Colonia Centro, Acatiac, Jalisco CP. 45470. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (mrubia@uaemex.mx; m.rubi65@yahoo.com.mx).

### Resumen

La chía es un grano apreciado por su gran contenido de ácidos grasos, entre ellos el omega 3 útil para contrarrestar los triglicéridos, de igual manera se relaciona con la pérdida de peso en el ser humano, en tiempos prehispánicos se requería como pago de tributo a los pueblos conquistadores, las semillas se usaban como revitalizante para los combatientes que partían a la guerra y para las mujeres que se preparaban para el parto, actualmente su uso es común en la preparación de agua fresca, en preparación de pintura (aceite) y como enriquecedor de productos panificados. La producción se perdió a raíz de la conquista ya que los españoles trajeron nuevos cultivos, los cuales fueron desplazando a la chía a sembrarse en zonas muy apartadas. Hoy la chía ha tenido un repunte gracias a sus propiedades, las cuales han permitido ampliar su consumo. Siendo México lugar de origen, se cuenta las condiciones propicias para el desarrollo solo hay que buscar los mejores lugares y las prácticas apropiadas para tener éxito en el cultivo. Teniendo en cuenta lo antes expuesto se realizó una revisión bibliográfica, siendo el objetivo del presente trabajo dar a conocer las tendencias futuras y actuales de la chía.

### Abstract

The chia is a grain appreciated for its high content of fatty acids, including omega 3 useful for counteracting triglycerides, similarly it is related to weight loss in humans, in pre-hispanic times was required as payment of tribute to the conquering peoples, their seeds were used as a revitalizer for combatants who went to war, and for women who were preparing for childbirth, their use today is common in the preparation of fresh water, in preparation of oil, and as an enricher of baked goods. Its production was lost as a result of the conquest as the Spanish brought new crops, which displaced that of the Chia, condemning it to plant only in very remote areas. Currently the cultivation of chia has had a rebound thanks to its properties, which have allowed to expand its consumption. As México is a place of origin, there are conditions that are conducive to the development of the crop, only the best places and the appropriate practices must be sought to be successful in the development of the crop. Taking into account the above, a bibliographic review was carried out, the objective of this work being to present future and current trends of chia.

\* Recibido: julio de 2017  
Aceptado: agosto de 2017

**Palabras claves:** *Salvia hispanica* L., alternativa de producción, propiedades alimenticias.

**Keywords:** *Salvia hispanica* L., alternative production, nutritional properties.

## Introducción

Los pseudocereales hacen referencia a semillas, granos o aquenios de plantas de las familias: Amaranthaceae (amarantos), Chenopodiaceae (cañihua), Polygoniaceae (alforfón) y Lamiaceae en la cual está incluida la chía (*Salvia hispanica* L.) (FAO/WHO, 2016). El género *Salvia* es de los más diversos con cerca de 1 000 especies distribuidas en todo el mundo. México es considerado el lugar con mayor diversidad con 500 especies, que lo ubican como el segundo género más diverso; la salvia tiene un crecimiento herbáceo anual y perenne, arbustivo y muy raro arbustivo trepador (Ramammorthy, 2001).

*Salvia hispanica* conocida comúnmente como chía, es una especie anual nativa de Centroamérica, de zonas montañosas del oeste y centro de México, así como de Guatemala (Di Sapio *et al.*, 2012). Se encuentra naturalmente en áreas de bosques de encino o pino-encino y se distribuye en ambientes semicálidos y templados del Eje Neovolcánico Transversal de las Sierras Madre Occidental y del sur de Chiapas, en altitudes que oscilan entre 1 400 y 2 200 m donde se ubica el centro de diversidad genética y fenotípica de chía silvestre y domesticada (Hernández y Miranda, 2008). Históricamente, esta especie se ha cultivado en ambientes tropicales como subtropicales, en regiones libres de heladas y con heladas (Capitani, 2013), específicamente en las áreas montañosas de la vertiente del océano pacífico (Beltrán y Romero, 2003).

Para los Aztecas y Mayas represento un grano importante, usado: en alimentación, preparación de pinturas, elaboración de medicinas y en uso ceremonial mediante ofrendas (Hernández y Colín, 2008). Los numerosos usos culinarios, medicinales, artísticos y religiosos convirtieron al grano y su harina en las materias primas más usadas de la época de la conquista española, formando parte de los cuatro granos más importantes: maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), chía (*Salvia hispanica*) y amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) que conformaron la base de la dieta alimentaria (Cahill, 2004).

La producción de chía y algunas otras especies en el México precolombino fueron reemplazados por cereales, que fueron introducidos por los conquistadores, por lo cual miles de

## Introduction

The pseudocereals refer to seeds, grains or achenes of plants of the families: Amaranthaceae (amarantos), Chenopodiaceae (cañihua), Polygoniaceae (buckwheat) and Lamiaceae in which chia (*Salvia hispanica* L.) (FAO/WHO, 2016). The genus *Salvia* is one of the most diverse with about 1 000 species distributed worldwide. México is considered the most diverse place with 500 species, which place it as the second most diverse genus; the salvias have an annual herbaceous growth and perennial, shrub and very rare shrub climber (Ramammorthy, 2001).

*Salvia hispanica* commonly known as Chia, is an annual native species of Central America, mainly from the mountainous areas of western and central México, as well as from Guatemala (Di Sapio *et al.*, 2012). It is found naturally in areas of oak or pine-oak forests and is distributed in semi-warm and temperate environments of the Transverse Neovolcanic Axis of the Sierras Madre Occidental and southern Chiapas, at altitudes ranging from 1 400 to 2 200 m where is the center of genetic and phenotypic diversity of wild and domesticated chia (Hernández and Colín, 2008). Historically, this species has been cultivated in subtropical, frost-free, and frost-free regions (Capitani, 2013), specifically in the mountainous areas of the Pacific Ocean slope (Beltran and Romero, 2003).

For the Aztecs and Mayas represent an important grain, used: in food, preparation of paintings, preparation of medicines and ceremonial use through offerings (Hernández and Colín, 2008). The numerous culinary, medicinal, artistic and religious uses turned the grain and its flour into the most used raw materials of the time of the Spanish conquest, forming part of the four most important grains: maize (*Zea mays*), bean (*Phaseolus vulgaris*), chia (*Salvia hispanica*) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*), which formed the basis of the diet (Cahill, 2004).

The production of chia and some other species in pre-columbian México were replaced by cereals mainly, which were introduced by the conquerors, so that thousands of hectares under the control of cultures with strange cultures for the conquerors, collapsed; so that most of these fell into

hectáreas bajo el control de las culturas con cultivos extraños para los conquistadores, colapsaron; por lo cual la mayoría de estos cayeron en desuso, ya que también cambiaron las preferencias alimenticias por los hábitos alimenticios europeos. Las especies nativas decrecieron y el cultivo de la chía quedó relegado a comunidades aisladas, en grave peligro de extinción (Ayersa y Coates, 2006).

Las semillas de chía se han reintroducido en las dietas con la finalidad de mejorar la salud humana, recomendándose por sus altos niveles de proteínas, antioxidantes, fibra dietética, vitaminas y minerales (calcio, potasio, magnesio, fósforo, selenio, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, sodio y zinc), pero sobre todo a su alto contenido de aceite omega 3 en comparación con otras fuentes naturales conocidas hasta la fecha (Guiotto *et al.*, 2013).

La producción, consumo y demanda de chía en México y a nivel mundial se ha incrementado en los últimos años, por ser una fuente de aceite con altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados y compuestos fenólicos. En México sigue una tendencia a la alza, observándose un incremento gradual en la superficie sembrada, en 2006 solo se cultivaron 15 ha y 2014, 16 721 ha, incrementándose en 111 473% (SIAP, 2016), esto debido al auge y al éxito que ha tenido, ya que es más redituable que el maíz y a la demanda por las propiedades nutraceuticas que le caracterizan.

### Producción internacional y nacional

La Chía comenzó a comercializarse a nivel internacional a partir de los noventa. Se cultiva en Argentina, México, Bolivia, Paraguay y Australia. En 2011-2012 Argentina tuvo una producción de 35%. Mientras Australia, México, Bolivia y Paraguay participaron con 15% y 3 000 ha c/u (Busilacchi *et al.*, 2015). Recientemente se incorporaron como productores Nicaragua y países del sudeste de Asia (Jamboonsri *et al.*, 2012). La producción mundial ha crecido rápidamente, un ejemplo es Nicaragua, donde la producción de chía pasó de 5 000 quintales en 2013, a 180 000 quintales en 2014.

En el Cuadro 1, se muestra el comportamiento que ha tenido la chía, donde es claro el crecimiento en la superficie sembrada que ha tenido, así como el comportamiento del precio y del rendimiento por hectárea.

La producción en México se concentra en Jalisco y Puebla y se empieza a incursionar en nuevas zonas con potencial productivo, como se observa en el Cuadro 2. En Jalisco la

disuse, as they also changed food preferences by giving the change to European eating habits. Native species decreased and chia cultivation was relegated to isolated communities, which were in serious danger of extinction (Ayersa and Coates, 2006).

Chia seeds have been reintroduced into diets to improve human health, and are recommended for high levels of protein, antioxidants, dietary fiber, vitamins and minerals (calcium, potassium, magnesium, phosphorus, selenium, copper, iron, manganese, molybdenum, sodium and zinc), but mainly to its high omega-3 oil content compared to other natural sources known to date (Guiotto *et al.*, 2013).

The production, consumption and demand of chia in México and worldwide has increased significantly in recent years, being a source of oil with high levels of polyunsaturated fatty acids and phenolic compounds. In México, there is a tendency to increase in the last years, with a gradual increase in the area sown, in 2006 only 15 ha and 2014, 16 721 ha were grown, increasing by 111 473% (SIAP, 2016), this because of the boom and the success that has had, since it is more profitable than the maize and the demand that has had by the nutraceutic properties that characterize it.

### International and national production

The Chia began to be commercialized at international level from the nineties. It is grown in Argentina, Mexico, Bolivia, Paraguay and Australia. In 2011-2012 Argentina participated with a production of 35%. While Australia, México, Bolivia and Paraguay participated with 15% and 3 000 ha each (Busilacchi *et al.*, 2015). Recently, Nicaragua and Southeast Asian countries were incorporated as producers (Jamboonsri *et al.*, 2012). The world production has grown rapidly, an example of which is Nicaragua, where chia production increased from, 5 000 quintals in 2013 to 180 000 quintals in 2014.

Table 1 shows the behavior of chia, where it is clear the growth in the area planted, as well as the behavior of price and yield per hectare.

Production in Mexico is concentrated in Jalisco and Puebla, and new areas with productive potential are being introduced, as shown in Table 2. In Jalisco production is concentrated in the municipalities of

producción se centra en los municipios de: Acatic, Cuquío, Ixtlahuacán del Río y Jamay, mientras en Puebla los municipios productores son: Atzitzihuatlán, Huaquechula, San Felipe Tepemaxalco y Tochimilco (SIAP, 2016).

Acatic, Cuquío, Ixtlahuacán del Río and Jamay, while in Puebla the producing municipalities are: Atzitzihuatlán, Huaquechula, San Felipe Tepemaxalco and Tochimilco (SIAP, 2016).

**Cuadro 1. Evolución de la producción de chía en México.**  
**Table 1. Evolution of production of chia in México.**

Año	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Volumen de producción (t)	Valor de la producción (\$)	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Precio medio rural (\$ t <sup>-1</sup> )
2006	15	15	37.5	292 500.00	2.5	7 800.00
2007	37	22	45.8	343 500.00	2.082	7 500.00
2008	20	20	60	312 000.00	3	5 200.00
2009	45	34	33.6	177 800.00	0.988	5 291.00
2010	2 329	2 329	2 913.5	57 240 000.00	1.251	19 646.00
2011	2 750	2 750	3 448.6	55 477 500.00	1.254	16 086.00
2012	5 097	5 097	2 060.16	135 512 961.00	0.404	65 777.00
2013	18 155	17 915	8 431.89	478 425 545.00	0.471	56 740.00
2014	16 721	16 515	9 548.14	420 701 810.00	0.578	44 061.00

Fuente: SIAP, 2016.

**Cuadro 2. Distribución de producción de chía en México durante el ciclo primavera-verano de 2014.**  
**Table 2. Distribution chia production in México during the spring-summer of 2014.**

Ubicación	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Costo (\$ t <sup>-1</sup> )	Valor de la producción (miles de pesos)
Jalisco	15 790	15 790	9 058	0.57	44 408.00	402 285.00
Puebla	460	460	391	0.85	34 659.00	13 562.00
Nayarit	281	261	97	0.37	49 793.00	4 830.00
San Luis Potosí	20	4	1	0.25	24 000.00	24.00
Guanajuato	150	0	0	0	0.00	0.00
Aguascalientes	20	0	0	0	0.00	0.00
Total	16 721	16 515	9 548	0.58	44061	420 701

Fuente: SIAP, 2016.

### Descripción morfológica

*S. hispanica* L. es una planta herbácea anual, de 1 a 1.5 m de altura, con tallos ramificados de sección cuadrangular y hueco, con pubescencias cortas y blancas; hojas opuestas con bordes aserrados de 80 a 100 mm de longitud y de 40 a 60 mm de ancho, con diferentes grados de pubescencia. Las flores son hermafroditas, azules o blancas, frutos muy comúnmente indehiscentes (Capitani *et al.*, 2013) en grupos de cuatro clusas monospermicas ovales de 1.5 a 2 mm de longitud y 1 a 1.2 mm

### Morphological description

*S. hispanica* L. is an annual herbaceous plant, from 1 to 1.5 m in height, with branched stems of quadrangular and hollow section, with short and white pubescences; opposing leaves with serrated edges 80 to 100 mm in length and 40 to 60 mm in width, with different degrees of pubescence. The flowers are hermaphrodite, blue or white, most commonly indehiscent fruits (Capitani *et al.*, 2013) in groups of four monospermic oval clusters 1.5 to

de diámetro; son suaves y brillantes, de color pardo grisáceo con manchas irregulares castaño oscuro, en su mayoría y en menor proporción blanquecinas (Di Sapio *et al.*, 2012), el peso de 1 000 semillas varía entre 0.94 y 1.29 g (Bueno *et al.*, 2010).

Se define como una planta autógama, con más altos niveles de polinización cruzada en chía cultivada, que en chía silvestre, los insectos son los responsables de la polinización cruzada, obteniendo mayores rendimientos cuando existe la presencia de abejas en la zona de cultivo (Cahill, 2004). La propagación más usada en la chía es por medio de semilla (Ayerza y Coates, 2006).

### Aspectos agronómicos

La siembra de chía es de mayo a mediados de junio, para evitar las heladas. La profundidad de siembra es un factor limitante en el establecimiento del cultivo debido a la baja cantidad de reservas de semillas (Migliavacca *et al.*, 2014) y como la semilla es pequeña, requiere poca profundidad de siembra para emerger con éxito, sólo lo suficiente para cubrir la semilla y como máximo 10 mm (Rojas, 2013). La semilla requiere de humedad para germinar, pero ya germinada y establecida las plantas crecen bien con cantidades limitadas de agua por tratarse de una planta de bajo consumo de agua y adaptada a climas áridos y semiáridos (Ayerza y Coates, 2006). Se desarrolla adecuadamente en suelos arenosos con textura media y buen drenaje; no toleran suelos anegados (Coates, 2011).

Es una planta de día corto y sensible al fotoperiodo, presenta respuesta favorable a floración en días cortos (Jamboonsri *et al.*, 2012), el periodo de crecimiento se ve afectado por la latitud en la que se desarrolle, por lo cual el ciclo de cultivo varía de 90 a 150 días (Ayerza y Coates, 2006). El pH adecuado para el cultivo es de 6.5 a 7.5, el sitio de cultivo afecta la composición de las semillas debido a los factores ambientales, como temperatura, luz, suelo y nutrientes disponibles (Ayerza and Coates, 2004). La siembra se realiza en surcos de 0.7 a 0.8 m de separación, con una densidad de siembra de 6 kg de semillas por hectárea (Busilacchi *et al.*, 2013). El método de siembra y la densidad influyen en el crecimiento y rendimiento de chía. Cuanto mayor sea la densidad habrá más biomasa y por lo tanto el rendimiento de semilla aumenta, la densidad más apropiada es la mayor a 40 000 plantas ha<sup>-1</sup> (Yeboah *et al.*, 2014)

2 mm in length and 1 to 1.2 mm in diameter; (Di Sapio *et al.*, 2012), the weight of 1 000 seeds varies between 0.94 and 1.29 g (Bueno *et al.*, 2010).

It is defined as an autogamous plant, with higher levels of cross-pollination in cultivated chia, than in wild chia, insects are responsible for cross-pollination, obtaining higher yields when there is the presence of bees in the growing area (Cahill, 2004). The most widely used propagation in chia is through seed (Ayerza and Coates, 2006).

### Agronomic aspects

The planting of chia is from May to mid-June, to avoid frost. Seed depth is a limiting factor in establishing the crop due to low seed reserves (Migliavacca *et al.*, 2014) and because the seed is small, it requires little depth of planting to emerge successfully, just enough to cover the seed and a maximum of 10 mm (Rojas, 2013). The seed requires moisture to germinate, but already sprouted and established the plants grow well with limited amounts of water because it is a plant with low water consumption and adapted to arid and semi-arid climates (Ayerza and Coates, 2006). It develops adequately in sandy soils with medium texture and good drainage; do not tolerate flooded soils (Coates, 2011).

It is a short-day plant sensitive to photoperiod, presenting favorable response to flowering on short days (Jamboonsri *et al.*, 2012), the growth period is affected by the latitude in which it develops, so the cycle of cultivation varies from 90 to 150 days (Ayerza and Coates, 2006). The appropriate pH for the crop is 6.5 to 7.5, the crop site affects the composition of the seeds due to environmental factors such as temperature, light, soil and available nutrients (Ayerza and Coates, 2004). Seeding is done in rows of 0.7 to 0.8 m of separation, with a seed density of 6 kg of seeds per hectare (Busilacchi *et al.*, 2013). The method of sowing and density influence the growth and yield of chia. The higher the density, the more biomass and therefore the seed yield increases, the more appropriate density is the greater than 40 000 ha<sup>-1</sup> plants (Yeboah *et al.*, 2014).

Their seeds present moderate tolerance to saline stress, but when under high salinity the percentage of germination, root length and plant size decreases, therefore it is recommended to avoid the use of chlorinated fertilizers (Dal'maso *et al.*, 2013).

Las semillas presentan moderada tolerancia a estrés salino; sin embargo al someterse a una alta salinidad disminuye el porcentaje de germinación, longitud de la raíz y el tamaño de planta, por lo cual se recomienda evitar el uso de fertilizantes clorados (Dal'maso *et al.*, 2013).

### Aspectos fitosanitarios

La chía contiene sustancias químicas (quercetina, kenferol, miricetina, ácido clorogénico y ácido caféico) que tienen efecto preventivo contra incidencia de enfermedades (Miranda, 2012). El cultivo es atacado por insectos plaga, del orden himenóptera que atacan el capullo floral, escarabajos defoliadores del orden Coleóptera, saltamontes del orden ortóptero y diopsis del orden de los dípteros (Yeboah *et al.*, 2014). Otras plagas frecuentes son babosas (*Arion ater*), caracoles (*Helix aspersa*), gallina ciega (*Phyllophaga* sp.), hormiga cortadora (*Atta cephalotes*), gusano peludo (*Estigmene acrea*) y langostas (*Spodoptera* sp.).

Las enfermedades con incidencia económica son: *Fusarium solani*, *Pallidoroeseum* sp., *Rhizopus* sp., *Cladosporium* sp. (Yeboah *et al.*, 2014) y mancha de la hoja causada por *Cercospora* sp. (Miranda, 2012).

### Mercado

La demanda de chía es creciente y es liderada por EE. UU. Es un cultivo que tiene un importante mercado potencial a nivel nacional e internacional. En EE. UU la elaboración de productos con chía va en aumento, en 2011 se introdujeron 21 nuevos productos a base de chía (jugos de fruta) y 2012 dicha cantidad aumentó a 100 productos (Busilacchi *et al.*, 2015). Los países de la Unión Europea se están incorporando recientemente al consumo de chía, producto de la autorización de su inclusión en alimentos elaborados y a futuro, se espera que países asiáticos se incorporen a esta demanda, lo que la duplicaría a 40 000 t año<sup>-1</sup> (Busilacchi *et al.*, 2015).

El mercado internacional requiere semilla de chía de color gris a negro, sabor característico de la semilla, olor característico de la semilla; con especificaciones físico químicas específicas de: porcentaje de humedad de 12% máximo, especificaciones microbianas con recuento total: máx. 100 000 ufc g<sup>-1</sup>, hongos: máx. 1 000 ufc g<sup>-1</sup>, levaduras: máx. 1 000 ufc g<sup>-1</sup>, *Esclerichia coli*: <10 ufc g<sup>-1</sup>, *Staphylococcus aureus*: <10 ufc g<sup>-1</sup>, índice de

### Phytosanitary aspects

Chia contains chemicals (quercetin, kenferol, myricetin, chlorogenic acid and caffeic acid) that have a preventive effect against disease incidence (Miranda, 2012). The cultivation is attacked by insect pests, of the order hymenoptera that attack the floral bud, defoliating beetles of the order Coleoptera, grasshoppers of the order orthopter and diopsis of the order of dipterans (Yeboah *et al.*, 2014). Other common pests are slugs (*Arion ater*), snails (*Helix aspersa*), blind hen (*Phyllophaga* sp.), Cutter ant (*Atta cephalotes*), hairy worm (*Estigmene acrea*) and lobsters (*Spodoptera* sp.).

The diseases with economic incidence are: *Fusarium solani*, *Pallidoroeseum* sp., *Rhizopus* sp., *Cladosporium* sp. (Yeboah *et al.*, 2014) and leaf spot caused by *Cercospora* sp. (Miranda, 2012).

### Market

The demand for chia is increasing and is led by EE. UU. It is a crop that has a significant potential market at national and international level. In the USA UU's production of chia products is on the rise, in 2011, 21 new chia products (fruit juices) were introduced and in 2012 that quantity increased to 100 products (Busilacchi *et al.*, 2015). The European Union countries are recently incorporating chia consumption, as a result of the authorization of their inclusion in processed foods and in the future, it is expected that Asian countries will join this demand, which would double to 40 000 t year<sup>-1</sup> (Busilacchi *et al.*, 2015).

The international market requires chia seed from gray to black, characteristic taste of the seed, characteristic odor of the seed; with specific physical chemical specifications of: moisture percentage of 12% maximum, microbial specifications with total count: max. 100 000 cfu g<sup>-1</sup>, fungi: max. 1 000 cfu g<sup>-1</sup>, yeast: max. 1 000 cfu g<sup>-1</sup>, *Sclerichia coli*: <10 cfu g<sup>-1</sup>, *Staphylococcus aureus*: <10 cfu g<sup>-1</sup>, peroxide index: <0.1 meq 0.2 kg<sup>-1</sup>, Impurities: (%) 1.07, omega-3 fatty acid: 17.5% of total oil and bag packing of high density polypropylene 18\*27\*14\*14 20 kg (Miranda, 2012).

Distribution channels in the United States of America are derived from three groups of actors in the marketing chains, wholesale importers, food processing companies and retail distributors, in order to reach consumers (Busilacchi *et al.*, 2015)

peróxido: <0.1 meq 0.2 kg<sup>-1</sup>, Impurezas: (%) 1.07, ácido graso omega 3: 17.5% del total del aceite y empaque de bolsa de polipropileno de alta densidad 18\*27\*14\*14 20 kg (Miranda, 2012).

Los canales de distribución en Estados Unidos de América, se derivan de tres grupos de actores en las cadenas de comercialización, los importadores mayoristas, empresas que elaboran productos alimenticios y distribuidores minoristas, para finalmente llegar a los consumidores (Busilacchi et al., 2015).

### Propagación

La propagación de chía se efectúa mediante el uso de semilla, recientemente se han realizado investigaciones sobre cultivo in vitro, de las partes de la planta, los tallos son la mejor fuente de explante para cultivo de callos. El medio de cultivo idóneo es MS 2.4-D (2.25 M) como regulador de crecimiento vegetal y 16 h fotoperiodo. Para mantener el crecimiento agregar Na<sup>+</sup> (0.54: 0.46M) (Marconi et al., 2013). La sacarosa agregada a los medios de cultivo inhibe la variación somaclonal, y el potencial osmótico, debido a las concentraciones de macro y micronutrientes que influyen directamente en la germinación de los embriones (Arfux et al., 2015).

### Componentes de la chía

La semilla de chía está compuesta de nutrientes, vitaminas, antioxidantes y ácidos grasos (Cuadro 3). La cantidad y calidad de los componentes puede variar por el sitio de cultivo, condiciones ambientales, disponibilidad de nutrientes, año de cultivo, por el tipo de suelo y clima (Ayerza y Coates, 2009). La chía es un alimento completo y funcional por: su contenido de antioxidantes (ácido clorogénico, ácido caféico, miricetina, quercetina y kaempferol flavonoles), niveles seguros de metales pesados, ser libre de micotoxinas y por no contener gluten (Mohd, 2012).

La chía es la fuente vegetal con el mayor contenido de ácidos grasos esenciales, su aceite contiene propiedades físico-químicas de interés para la industria alimentaria, considerado como ingrediente alimentario potencial debido a sus beneficios en salud humana por contener 85.4% de ácidos grasos poliinsaturados (Segura et al., 2014).

### Propagation

The propagation of chia is carried out by the use of seed, recently researches have been carried out on in vitro culture of the parts of the plant, the stems are the best explant source for callus cultivation. The ideal culture medium is MS 2.4-D (2.25 M) as plant growth regulator and 16 h photoperiod. To maintain growth add Na + (0.54: 0.46M) (Marconi et al., 2013). Sucrose added to culture media inhibits somaclonal variation, and osmotic potential, due to macro and micronutrient concentrations that directly influence embryo germination (Arfux et al., 2015).

### Components chia

Chia seeds are composed of nutrients, vitamins, antioxidants and fatty acids (Table 3). The quantity and quality of the components may vary by crop site, environmental conditions, nutrient availability, crop year or by type of soil (Ayerza and Coates, 2009). Chia is a complete and functional food because of its antioxidant content (chlorogenic acid, caffeic acid, myricetin, quercetin and kaempferol flavonols), safe levels of heavy metals, being free of mycotoxins and not containing gluten (Mohd, 2012).

**Cuadro 3. Composición de semillas de chía (100 g de porción comestible).**

**Table 3. Composition of chia seeds (100 g of edible portion).**

Nutriente	Unidad	Valor
Proteína	(%)	15 a 25
Lípido total (grasa)	(%)	30 a 33
Hidratos de carbono	(%)	26 a 41
Fibra dietética	(%)	18 a 30
Ceniza	(%)	4 a 5
Calcio	mg	631
Potasio	mg	407
Magnesio	mg	335
Fósforo	mg	860
Selenio	µg	55.2
Cobre	µg	0.924
Hierro	µg	7.72
Manganeso	µg	2.72
Molibdeno	µg	0.2

Bueno et al. (2010); Ixtaina et al. (2011); Segura et al. (2014); Ullah et al. (2015).

## Usos de la chíá

La chíá se consume comercialmente sin procesamiento alguno o adicionada como enriquecedora de productos (repostería); en México se prepara una bebida refrescante llamada “chía fresca”, también se prepara un mucílago dejando reposar la semilla en agua, para utilizarla como fibra dietética o añadirla y dar espesor a mermelada, jalea, yogur, mostaza y salsa tártara; igualmente tiene utilidad en cosmetología, en panificación (donde el gel es utilizado como sustituto de aceite) para resaltar su sabor y para cubrir la masa antes de hornear y así aumentar vida de anaquel (Busilacchi *et al.*, 2015). Es un excelente enriquecedor de productos como fórmulas para bebés, alimentos de animales, barras nutritivas, etc (Busilacchi *et al.*, 2015).

El mucílago o gel obtenido de la fibra soluble contenida en la semilla, es fuente de hidrocoloides con propiedades de: retención de agua, emulsionante, espesante, estabilizador, y es soluble en agua caliente y fría. (Muñoz *et al.*, 2012). El contenido de mucílago en semillas es 3.5%. La composición del mucílago es: humedad 9.37%, proteína 29%, fibra bruta 11.42%, aceite 3.83%, cenizas 10.27% y 56.24% de extracto libre de nitrógeno (Guiotto *et al.*, 2016).

Al ingerir semillas, al contacto con la saliva se forma el gel y cuando son ingeridas, el gel tiene efectos favorables en nutrición y salud debido a que genera un efecto calmante en el tracto digestivo, crea una barrera para las enzimas desacelerando la descomposición de los carbohidratos complejos en azúcares, existiendo una sensación de saciedad por el aumento del volumen de los hidratos y la viscosidad en el intestino; lo que conlleva a una digestión más eficiente, prolongando la sensación de saciedad (Capitani *et al.*, 2012).

La incorporación de semillas de chíá en panificación aumenta el valor nutritivo del producto debido a la proporción de ácidos grasos omega y fibra dietética proporcionados por estas, sin alterar la calidad del pan y cambiando solo el color de la miga, además que existe un cambio en la cinética de la amilopectina durante el almacenamiento, lo que se relaciona directamente con el aumento de vida en anaquel (Iglesias y Haros, 2013). Con la adición, el contenido de n-3 alfa-linolénico aumenta, existiendo una mayor relación omega-6/omega-3 y además de que contribuye a una reducción en el volumen específico y ligereza del pan (Luna *et al.*, 2015). La cantidad de agua y harina o semillas sin afectar el horneado 2% mezclada

## Cuadro 3. Composición de semillas de chíá (100 g de porción comestible) (continuación).

**Table 3. Composition of chia seeds (100 g of edible portion) (continuation).**

Nutriente	Unidad	Valor
Sodio	µg	16
Zinc	µg	4.58
Niacina	mg	6.13
Tiamina	mg	0.18
Rivoflavina	mg	0.04
Vitamina A	IU	44
Ácido α-linolénico	(%)	64.9 a 65.6
Ácido linoleico	(%)	19.8 a 20.3
Ácido palmítico	(%)	6.2 a 6.7
Ácido oleico	(%)	5 a 5.5
Ácido esteárico	(%)	2.7 a 3
Ácido oleico	(%)	7.75
Ácido margárico	(%)	0.1
Ácido nonadecanoico	(%)	0.1
Ácido nonadecenoico	(%)	0.2
Ácido araquídico	(%)	0.3
Ácido gadoleico	(%)	0.2
Ácido vaccénico		0.5
Ácido pentadecanoico	-	-
Ácido araquidónico	-	-
Ácido docosahexaenoico	-	-
Ácidos grasos saturados	(%)	9.3
Ácidos grasos poliinsaturados	(%)	85.4
PUFA/SFA	(%)	8.7

Bueno *et al.* (2010); Ixtaina *et al.* (2011); Segura *et al.* (2014); Ullah *et al.* (2015).

Chia is the vegetable source with the highest content of essential fatty acids, its oil contains physicochemical properties of interest for the food industry, considered as a potential food ingredient due to its benefits in human health because it contains 85.4% of polyunsaturated fatty acids (Segura *et al.*, 2014).

## Uses of chia

Chia is consumed commercially without any processing or added as enriching of products (confectionery); in México, a refreshing drink called “chia fresca” is prepared; a mucilage is also prepared by letting the seed rest in water,



antes del amasado con 5 g de harina por g de agua, ya que en estas cantidades se mantiene el volumen y la suavidad de la miga del pan de manera positiva (Zettel *et al.*, 2015).

Las semillas de chía enteras que se utilizan en los productos alimenticios no son digeridas y utilizadas fácilmente por el cuerpo humano debido a una capa extremadamente dura. Pero si se agrega en forma de harina mejoran el valor nutricional, la textura, y aplicaciones de alimentos funcionales (Inglett *et al.*, 2014). El aceite de chía es usado por artesanos de los estados de Chiapas, Guerrero, Michoacán y Ciudad de México, para preparar lacas conocidas como maque, con la finalidad de pintar jícaras y guajes, este arte floreció en el antiguo México desde antes de la llegada de los españoles, y el cual se extrae tostando lentamente y a fuego bajo las semillas de chía, para posteriormente molerse y agregándole agua caliente se amasa hasta que el aceite empieza a escurrir, posteriormente el aceite se hierve para conservarlo (Ayerza and Coates, 2006).

### Usos nutraceuticos

La semilla de chía por su contenido de aceite se considera como “alimento funcional” porque además de contribuir a la nutrición humana, aumenta el índice de saciedad, previene enfermedades cardiovasculares, trastornos inflamatorios y nerviosos, así como la diabetes. Absorbe 27 veces su peso de agua (Muñoz *et al.*, 2012), por su contenido de fibra dietética soluble, ayudando a contrarrestar problemas de estreñimiento, divertículos y cáncer de colón (Alvarado, 2011). Para esto ingerir de 15 a 25 g de semillas remojadas en agua quince minutos, durante 20 días (Bernal *et al.*, 2015).

Una suplementación de 12 semanas con 35 g de harina día<sup>-1</sup> de chía en la dieta de humanos se logró reducir significativamente de peso y circunferencia de cintura, gracias a su contenido de fibra dietética que actúa dando efecto de saciedad y disminuyendo la entrada calórica por la alta viscosidad del gel formado en el tracto gastrointestinal, así mismo por el alto contenido de Omega 3 que suprime el apetito, mejorando la oxidación de lípidos y el gasto de energía (Toscano *et al.*, 2015).

La ingesta continua de chía durante 12 semanas ayuda a diabéticos a controlar el nivel de glucosa después de ingesta de comida (glucemia postprandial), mejorando la presión y coagulación de la sangre (Vuksan *et al.*, 2010). El

to be used as dietary fiber or to add it and give thickness to jam, jelly, yogurt, mustard and tartar sauce; also has utility in cosmetology, in baking (where the gel is used as an oil substitute) to enhance its flavor and to cover the dough before baking and thus increase shelf life (Busilacchi *et al.*, 2015). It is an excellent enricher of products like formulas for babies, animal foods, nutritious bars, etc (Busilacchi *et al.*, 2015).

The mucilage or gel obtained from the soluble fiber contained in the seed, is a source of hydrocolloids with properties of water retention, emulsifier, thickener, stabilizer, and soluble in hot and cold water. (Muñoz *et al.*, 2012). The mucilage content in seeds is 3.5%. The composition of the mucilage is: moisture 9.37%, protein 29%, crude fiber 11.42%, oil 3.83%, ash 10.27% and 56.24% of nitrogen-free extract (Guiotto *et al.*, 2016).

By ingesting seeds, contact with saliva forms the gel and when ingested, the gel has favorable effects on nutrition and health because it generates a soothing effect on the digestive tract, creates a barrier for enzymes slowing the decomposition of the complex carbohydrates in sugars, there being a sensation of satiety by the increase of the volume of the hydrates and the viscosity in the intestine; which leads to a more efficient digestion, prolonging the sensation of satiety (Capitani *et al.*, 2012).

The incorporation of chia seeds in baking increases the nutritive value of the product due to the proportion of omega fatty acids and dietary fiber provided by them, without altering the quality of the bread and changing only the color of the crumb, in addition there is a change in the kinetics of amylopectin during storage, which is directly related to the increase in shelf life (Iglesias and Haros, 2013). With addition, the n-3 alpha-linolenic content increases, with a higher omega-6/omega-3 ratio, and also contributes to a reduction in specific volume and lightness of bread (Luna *et al.*, 2015). The amount of water and flour or seeds without affecting the baking 2% mixed before kneading with 5 g of flour per g of water, since in these quantities the volume and the softness of the bread crumb are maintained in a positive way (Zettel *et al.*, 2015).

Whole chia seeds that are used in food products are not digested and easily used by the human body because of an extremely hard coating. But if added as flour they improve the nutritional value, texture, and functional food applications (Inglett *et al.*, 2014). Chia oil is used by artisans from the states of Chiapas, Guerrero, Michoacán and Mexico

aceite de chía es usado como agente adyuvante hidratante para la piel pruriginosa, característica de personas con deficiencia renal y diabetes, mejorando la función de barrera epidérmica de permeabilidad e hidratación de la piel (Jeong *et al.*, 2010).

### Problemática de la chía

Las semillas de chía presentan muy corta viabilidad, la cual disminuye con el transcurso del tiempo, aunado a esto la calidad es afectada por las condiciones ambientales de almacenamiento y tiempo del mismo, además de que la calidad de la semillas dependerá de las condiciones ambientales presentes en su maduración (Bueno *et al.*, 2010).

Es común encontrar semillas de diferente color en un mismo conjunto de ellas, las predominantes son: gris jaspeado (86%), blanco y marrón. Las semillas de color gris jaspeado y blancas, son las que más peso presentan y están compuestas por todas sus estructuras propias de las semillas, mientras que las de color marrón son de menor peso y son semillas vanas, teniendo nulo desarrollo de las estructuras seminales (Rovati, 2010).

### Perspectivas de la chía

México cuenta con las condiciones ecológicas óptimas para producción de chía en condiciones de temporal, encontrando estas condiciones óptimas principalmente, en tierras bajas y de altitud intermedia, lo que demuestra que las condiciones climáticas de las zonas entre 0 y 2 200 msnm cumplen con los requerimientos agroclimáticos de la especie (Jamboonsri *et al.*, 2012; Orozco *et al.*, 2014), con una excelente productividad en las regiones altas de los estados de Jalisco, Nayarit, Michoacán, Morelos, Puebla, México, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. El tipo de suelo, la precipitación y la altitud son los factores determinantes de áreas óptimas para el cultivo (Ramírez y Lozano, 2015).

### Conclusiones

En el contexto agropecuario mexicano el desplome de los precios de los cultivos básicos, los agricultores están en busca de cultivos alternativos que satisfagan las necesidades de alimentación actual, que permitan hacer frente a los cambios climáticos y que cumplan con las

City to prepare lacquer known as maque, for the purpose of painting jicaras and guajes, this art flourished in ancient México from before the arrival of the Spanish, and which is extracted by slowly roasting and burning under the seeds of chia, to be ground later and adding hot water is kneaded until the oil begins to drain, later the oil is boiled to preserve it (Ayerza and Coates, 2006).

### Nutraceuticals uses

Chia seed is considered a “functional food” because it contributes to human nutrition, increases satiety index, prevents cardiovascular diseases, inflammatory and nervous disorders, and diabetes. It absorbs 27 times its water weight (Muñoz *et al.*, 2012), for its content of soluble dietary fiber, helping to counteract problems of constipation, diverticula and colon cancer (Alvarado, 2011). For this, ingest 15 to 25 g of seeds soaked in water for 15 minutes for 20 days (Bernal *et al.*, 2015).

A 12-week supplement with 35 g of flour day<sup>-1</sup> of chia in the human diet resulted in a significant reduction in weight and waist circumference, thanks to its dietary fiber content that acts as satiety and decreases caloric intake by high viscosity of the gel formed in the gastrointestinal tract, as well as the high Omega 3 content that suppresses appetite, improving lipid oxidation and energy expenditure (Toscano *et al.*, 2015).

The continuous intake of chia for 12 weeks helps diabetics to control the glucose level after food intake (postprandial blood glucose), improving blood pressure and blood clotting (Vuksan *et al.*, 2010). Chia oil is used as a moisturizing adjuvant agent for pruritic skin, characteristic of people with kidney deficiency and diabetes, improving the epidermal barrier function of skin permeability and hydration (Jeong *et al.*, 2010).

### Problems with chia

The seeds of chia have very short viability, which decreases with the passage of time, in addition to this the quality is affected by the environmental conditions of storage and time of the same, besides that the quality of the seeds will depend on the present environmental conditions in its maturation (Bueno *et al.*, 2010).

It is common to find seeds of different color in the same set of them, the predominant ones are mottled gray (86%), white and brown. Seeds of heather gray and white are the

características nutricionales requeridas. México resulta ser especialmente vulnerable a los efectos del cambio climático al situarse en zonas que serán impactadas por sequías (noroeste) e inundaciones (sureste), causadas por fenómenos meteorológicos extremos, y debido a su débil estructura social y económica. Las condiciones en que se desarrolla la agricultura en México, tanto de temporal como de riego, determinan también su vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos.

Uno de estos cultivos es la chía, cuya producción en México ha incrementado en los últimos 7 años 500%, debido al aumento de precio, lo cual ha despertado interés en cientos de agricultores y según las perspectivas, la producción seguirá incrementándose. Esta semilla es apreciada y solicitada en Europa, Estados Unidos de América, Canadá, China, Malasia, Singapur y Filipinas, debido a las propiedades nutraceuticas que la caracterizan y a los numerosos beneficios nutricionales que la hacen atractiva para diversos públicos, permitiendo que su mercado se amplíe día a día.

## Agradecimientos

Publicación financiada con recursos PFCE 2006.

## Literatura citada

- Alvarado, R. 2011. Caracterización de la semilla de chan (*Salvia hispanica* L.) y diseño de un producto funcional que la contiene como ingrediente. Revista de la Universidad del Valle Guatemala. 23:43-49.
- Arfux, C. R.; Menegati, C.; da Silva, R.; Rondon, J.; Gabriel, V.; Costa, F.; Carvalho, C. M.; de Souza, P. e da Silva, C. 2015. Cultivo *in vitro* de *Salvia hispanica* L. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. 19(2):1555-1560.
- Ayerza, R. and Coates, W. 2004. Composition of chia (*Salvia hispanica*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America. Trop. Sci. 44(3):131-135.
- Ayerza, R. y Coates, W. 2006. Chía redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas. Del Nuevo Extremo. Buenos Aires, Argentina. 232 p.
- Ayerza, R. and Coates, W. 2009. Influence of environment on growing period and yield, protein, oil and  $\alpha$ -linolenic content of three chia (*Salvia hispanica* L.) selection. Industrial Crops and Products. 30(2):321-324.
- Beltrán, O. M. C. y Romero, M. R. 2003. La chía, alimento milenario. Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos. ENCB. Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. 25 p.

ones with the highest weight and are composed of all their own structures of the seeds, while those of brown color are of lower weight and are empty seeds, having null development of the seminal structures (Rovati, 2010).

## Perspectives of chia

Mexico has the optimal ecological conditions for chia production under temporary conditions, and these conditions are optimally found in low and intermediate altitude areas, which shows that the climatic conditions of the areas between 0 and 2 200 m above sea level meet the requirements (Jamboonsri *et al.*, 2012; Orozco *et al.* 2014), with excellent productivity in the high regions of Jalisco, Nayarit, Michoacán, Morelos, Puebla, México, Guerrero, Oaxaca and Chiapas. Soil type, precipitation and altitude are the factors that determine optimal areas for cultivation (Ramírez and Lozano, 2015).

## Conclusions

In the Mexican agricultural context, the collapse of the prices of basic crops, farmers are looking for alternative crops that meet the current food needs, that allow to cope with climate changes and that meet the required nutritional characteristics. México is particularly vulnerable to the effects of climate change by being placed in areas that will be impacted by droughts (Northwest) and floods (Southeast), caused by extreme weather events, and due to its weak social and economic structure. The conditions under which agriculture is developed in México, both temporary and irrigated, also determine their vulnerability to extreme weather events.

One of these crops is chia, whose production in México has increased 500% in the last 7 years due to the price increase, which has aroused interest in hundreds of farmers and, according to the perspectives, production will continue to increase. This seed is appreciated and requested in Europe, the United States of America, Canada, China, Malaysia, Singapore and the Philippines, due to the nutraceutical properties that characterize it and the numerous nutritional benefits that make it attractive for different publics, allowing its market expand day by day.

*End of the English version*



- Bernal, A. E.; Iñaguazo, J. J. y Chanducas, B. 2015. Efecto del consumo de chía (*Salvia hispanica*) sobre los síntomas de estreñimiento que presentan los estudiantes de una universidad particular de Lima Este. *Revista Científica de Ciencias de la Salud*. 8(2):8-24.
- Bueno, M.; Di Sapio, O.; Barolo, M.; Busilacchi, H.; Quiroga, M. y Severin, C. 2010. Análisis de la calidad de los frutos de *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae) comercializados en la ciudad de Rosario (Santa Fe, Argentina). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. 9(3):221-7.
- Busilacchi, H.; Quiroga, M.; Bueno, M.; Di Sapio, O.; Voykos, F. y Severin, C. 2013. Evaluación de *Salvia hispanica* L. cultivada en el sur de Santa Fe (República Argentina). *INCA. Cultivos Tropicales*. 34(4):55-59.
- Busilacchi, H.; Qüesta T. y Zuliani, S. 2015. La chía como una nueva alternativa productiva para la región pampeana. *Agromensajes*. 41(2):37- 46.
- Cahill, J. P. 2004. Genetic diversity among varieties of chía (*Salvia hispanica* L.). *Genetic Res. Crop Ev.* 51(7):773-781.
- Capitani, M. I.; Spotorno, V.; Nolasco, S. N. and Tomás, M. C. 2012. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina. *LW. Food Sci. Technol.* 45(1):94-102.
- Capitani, M. I.; Nolasco, S. M. and Tomás, M. C. 2013. Effect of mucilage extraction on the functional properties of Chia meals. *Muzzalupo Food Industry*. InTech, Croacia. 421-437 pp.
- Coates, W. 2011. Whole and ground chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, chia oil-effects on plasma lipids and fatty acids. *Nuts & seeds in health and disease prevention*. Chapter 37: Academic Press is an imprint of Elsevier. 309-315 pp.
- Dal'Maso, E.; Casarin, J.; da Costa, P.; Cavalheiro, B.; dos Santos, B. e Guimarães, V. F. 2013. Salinidade na germinação e desenvolvimento inicial de sementes de chía. *Cultivando o Saber. Cascavel*. 6(3):26-39.
- Di Sapio, B. O.; Busilacchi, M. H.; Quiroga, M. y Severin, C. 2012. Caracterización morfoanatómica de hoja, tallo, fruto y semilla de *Salvia hispanica* L. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. 11(3):249-268.
- FAO/WHO. 2016. Report joint FAO/WHO food standards programme. Codex alimentarius commission. Thirty-ninth Session. Italy. 80 p.
- Guiotto, E. N.; Capitani, M. I.; Nolasco, S. M. and Tomás, M. C. 2016. Stability of Oil in Water Emulsions with Sunflower (*Helianthus annuus* L.) and Chia (*Salvia hispanica* L.) By Products. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 93(1):133-143.
- Guiotto, E. N.; Ixtaina, V. Y.; Tomás, M. C. and Nolasco, S. M. 2013. Moisture-dependent engineering properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Industry Intech*. 381-397.
- Hernández, J. A. y Miranda, S. 2008. Caracterización morfológica de chía (*Salvia hispanica*). *Rev. Fitotec. Mex.* 31(2):105-113.
- Iglesias, P. E. and Haros, M. 2013. Evaluation of performance of dough and bread incorporating chia (*Salvia hispanica* L.). *Eur. Food Res. Technol.* 237(6):865-874.
- Inglett, G.E.; Chen, D.; Liu, S.X. and Lee, S. 2014. Pasting and rheological properties of oat products dry-blended with ground chia seeds. *LWT-Food Sci. Technol.* 55(1):148-156.
- Ixtaina, V. Y.; Mattea, F.; Cardarelli, D. A.; Mattea, M. A.; Nolasco, S. M. and Tomás, M. C. 2011. Supercritical carbon dioxide extraction and characterization of Argentinean chia seed oil. *J. Am. Chem. Soc.* 88(2):289-298.
- Ixtaina, V. Y.; Martínez, M. L.; Spotorno, V.; Mateo, C.; Maestri, D.; Diehl, B.; Nolasco, S. M. and Tomás, M. C. 2011. Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. *J. Food Comp. Anal.* 24(2):166-174.
- Jamboonsri, W.; Phillips, T. D.; Geneve, R. L.; Cahill, J. P. and Hildebrand, D. F. 2012. Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica* L. a new  $\omega$ 3 source. *Gen. Res. Crop Evol.* 59(2):171-178.
- Jeong, S. K.; Park, H. J.; Park, B. D. and Kim, I. H. 2010. Effectiveness of topical chia seed oil on pruritus of end-stage renal disease (ESRD) patients and healthy volunteers. *Ann Dermatol.* 22(2):143-148.
- Luna, P.; Lopes, E.; Silva, A.; Sammán, N. C.; Dupas, M. and Kil, Y. 2015. Functional bread with n-3 alpha linolenic acid from whole chia (*Salvia hispanica* L.) flour. *J. Food Sci. Technol.* 52(7):4475-4482.
- Marconi, P. L.; López, M. C.; De Meester, J.; Bovjin, C. and Alvarez, M. A. 2013. *In vitro* establishment of *Salvia hispanica* L. plants and callus. *Biotechnol. Veg.* 13(4):203-207.
- Migliavacca, R.; da Silva, T. R.; de Vasconcelos, A. L.; Filho, W. e Baptistella, J. L. 2014. O cultivo da chia no Brasil: futuro e perspectivas. *J. Agron. Sci. Umuarama*, 3(especial): 161-179.
- Miranda, F. 2012. Guía técnica para el manejo del cultivo de Chía (*Salvia hispanica*) en Nicaragua. Sebaco. 14 p.
- Mohd, N.; Keong, S.; Yong, W.; Kee, B.; Wei, S. and Guan, S. 2012. The Promising Future of Chía (*Salvia hispanica* L.). *J. Bio. Biotechnol.* 1(2012):1-9.
- Muñoz, L. A.; Cobos, A.; Díaz, O. and Aguilera, J. 2012. Chia seeds: microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of food Engineering*. 108(1):216-224.
- Muñoz, L. A.; Aguilera, J. M.; Rodríguez, T. L.; Cobos, A. and Díaz, O. 2012. Characterization and microstructure of films made from mucilage of *Salvia hispanica* and whey protein concentrate. *J. Food Eng.* 111(3):511-518.
- Orozco, G.; Duran, N.; González, D. R.; Zarazúa, P.; Ramírez, G. y Mena, S. 2014. Proyecciones de cambio climático y potencial productivo para *Salvia hispánica* L. en las zonas agrícolas de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 10:1831-1842.
- Ouzounidou, G.; Skiada, V.; Papadopoulou, K. K.; Stamatis, N.; Kavvadias, V.; Eleftheriadis, E. and Gaitis, F. 2015. Effects of soil pH and arbuscular mycorrhiza (AM) inoculation on growth and chemical composition of chia (*Salvia hispanica* L.) leaves. *Braz. J. Bot.* 38(3):487-495.
- Ramamoorthy, T. P. 2001. *Salvia hispanica* L. In: flora fanerogámica del Valle de México. Calderón, G. de Rzedowski y Rzedowski, J. (Eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Instituto de Ecología, Pátzcuaro, Michoacán. 632-644.
- Ramírez, J. G. and Lozano, C. M. G. 2015. Potential for Growing *Salvia hispanica* L., areas under Rainfed Conditions in México. *Agric. Sci.* 6(09):1048-1057.
- Rojas, D. V. 2013. Efecto de la aplicación de herbicidas sobre el rendimiento en Chía (*Salvia hispanica* L.) en la región metropolitana. In: Memoria de Ingeniera Agrónoma-Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile. 39 p.
- Rovati, A.; Escobar, E. y Prado, C. 2010. Particularidades de la semilla de chía (*Salvia hispanica* L.) EEAOC. *Avance Agroindustrial*. 33(3):40-43.
- SAGARPA. 2012. México: el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático. 439 p.

- Segura, C. M. R.; Ciau, S. N.; Rosado, R. G.; Chel, G. L. and Betancur, A. D. 2014. Physicochemical characterization of chia (*Salvia hispanica*) seed oil from Yucatán, México. *Agric. Sci.* 5(3):220-226.
- SIAP. 2016. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado>.
- Toscano, L.; Toscano, L.; Tavares, R.; da Silva, C. S. and Silva, A. S. 2015. Chia induces clinically discrete weight loss and improves lipid profile only in altered previous values. *Nutrición Hospitalaria.* 31(3):1176-1182.
- Ullah, R.; Nadeem, M.; Khalique, A.; Imran, M.; Mehmood, S.; Javid, A. and Hussain, J. 2015. Nutritional and therapeutic perspectives of Chía (*Salvia hispanica* L.): a review. *J. Food Sci. Technol.* 53(4):1750-1758.
- Vuksan, V.; Jenkins, A. L.; Dias, A.G.; Lee, A. S.; Jovanovski, E.; Rogovik, A. L. and Hanna, A. 2010. Reduction in postprandial glucose excursion and prolongation of satiety: possible explanation of the long-term effects of whole grain Salba (*Salvia hispanica* L.). *Eur. J. Clinical Nutr.* 64(4):436-438.
- Yeboah, S.; Owusu, D. E.; Lamptey, J. N. L.; Mochiah, M. B.; Lamptey, S.; Oteng, D. P.; Adama, I.; Appiah, K. Z. and Agyeman, K. 2014. Influence of planting methods and density on performance of chia (*Salvia hispanica* L.) and its suitability as an oilseed plant. *Agric. Sci.* 2(4):14-26.
- Zettel, V.; Krämer, A.; Hecker, F. and Hitzmann, B. 2015. Influence of gel from ground chía (*Salvia hispanica* L.) for wheat bread production. *Eur. Food Res. Technol.* 240(3):655-662.